ISSN 1561-5359. Штучний інтелект, 2016, № 4

УДК 528.85/.87(15); 528.88(15); 63

С.Л. Кравцов, Д.В. Голубцов, Е.В. Лепесевич, С.А. Лапаник
Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси, Республика Беларусь
ул. Сурганова, 6, г. Минск, 220012

СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В МАСШТАБЕ ОТДЕЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА

S.L. Krautsou, D.V. Golubtsov, K.V. Lepiasevich, S.A. Lapanik
The United Institute of Informatics Problems of the National Academy of Sciences of Belarus, Republic of Belarus
6, Surganova str., Minsk, 220012

REMOTE MONITORING SYSTEM OF THE CROPS CONDITION ON THE SCALE OF SEPARATE FARM

Представлены результаты разработки и испытаний системы дистанционного мониторинга состояния сельскохозяйственных культур в масштабе отдельного хозяйства. Изложены требования к данным дистанционного зондирования Земли, используемым для функционирования каждой из подсистем.

Ключевые слова: дистанционный мониторинг, сельскохозяйственные культуры, состояние.

The results of development and testing of the subsystems of remote monitoring system of the crops condition within the individual farm are presented. Requirements to remote sensing data, used for work of every subsystems, are considered.

Key words: remote monitoring, crops, condition.

Введение

Разрабатываемая система дистанционного мониторинга состояния сельскохозяйственных культур включает подсистемы: оценки повреждения сельскохозяйственных культур вследствие неблагоприятных факторов, мониторинга фитосанитарного состояния сельскохозяйственных культур, прогноза урожайности культур, картографирования сельскохозяйственных культур. Назначение системы: сбор, обработка и интерпретация данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и наземных данных для получения своевременной и достоверной информации о фенологическом развитии культур и изменении их состояния в целях повышения эффективности принятия решений по планированию и регулированию сельскохозяйственной деятельности. Результаты разработки могут быть перенесены как на уровень района, области, страны (с этой целью разрабатывается подсистема картографирования культур), так и на уровень точного земледелия (с добавлением подсистемы оценки норм внесения минеральных удобрений).

На этапе разработки системы основу составляют разновременные данные авиасъемки, получаемые с высоким временным разрешением в вегетационный сезон (апрель-октябрь). Используются также спутниковые данные среднего (белорусского спутника, Sentinel-2A и др.) пространственного разрешения. С целью обеспечения точности обработки данных авиасъемки используются справочные поверхности. Для эффективного же функционирования системы дистанционного мониторинга в штатном режиме наиболее приемлемым для Республики Беларусь является использование данных с беспилотных летательных аппаратов (соотношение пространственного и временного разрешений данных ДЗЗ, среднего размера полей, средней площади повреждений и др. факторов).

Испытания подсистем и всей системы в целом проводятся на полях около г. Жодино, расположенных в почвенно-климатических условиях, являющихся типичными для центральной зоны Республики Беларусь. Отлаженная система полевого обследования формирует информацию, необходимую для калибровки и оценки эффективности алгоритмов обработки данных ДЗЗ: о видах, календаре и фитосанитарном состоянии культур, степени их повреждения неблагоприятными факторами и др.

Результаты разработки системы дистанционного мониторинга состояния сельскохозяйственных культур

Электронная картосхема полей обеспечивает адекватность обработки данных ДЗЗ и наземных данных, а также представления результатов. Электронная картосхема полей создана в виде совокупности векторных полигонов (участков сельскохозяйственных угодий), полученных путем обхода полей, а также путем обрисовки данных ДЗЗ. Электронная картосхема полей создана в Shape формате и содержит слои: полей, лесов, дорог, водных объектов, населенных пунктов. Масштаб электронной картосхемы полей составляет 1:25 000.

Подсистема оценки повреждения сельскохозяйственных культур вследствие неблагоприятных факторов (сильного ветра, сильного ветра с дождем, засушливых условий, чрезмерной дозы внесения удобрений и др.) предназначена для определения объема ущерба и пространственного распределения повреждения посевов (рисунок 1). Результаты работы подсистемы могут быть использованы для определения размера страховых выплат, оценки необходимого объема семян и топлива на уплотнение и пересев погибших посевов, оптимизации проведения их обследования. Для испытаний подсистемы основу составляют данные авиасъемки с пространственным разрешением около 0,2 м и временным разрешением около 1 раза в неделю. Для оценки повреждения сельскохозяйственных культур вычисляется изменение значения вегетационного индекса (ВИ). Повреждению соответствует отрицательное изменение ВИ, превышающее пороговый уровень [1].

Подсистема мониторинга фитосанитарного состояния сельскохозяйственных культур предназначена для своевременного выявления очагов пораженности (болезнями и вредителями) посевов (рис. 2), определения степени пораженности и наблюдения за динамикой развития очагов пораженности [2]. Результаты работы подсистемы могут быть использованы для прогноза развития фитосанитарной обстановки и выработки рекомендаций по применению средств защиты растений. Для испытаний подсистемы используются данные авиасъемки с пространственным разрешением около 0,2 м и временным разрешением около 2 раз в неделю.

Подсистема прогноза урожайности сельскохозяйственных культур предназначена для поэтапного, до наступления уборки урожая, прогнозирования урожайности посевов. Для разработки уравнений прогноза урожайности на специально отведенных участках, засеянных основными сельскохозяйственными культурами Республики Беларусь (пшеницей, ячменем, рапсом), в течение вегетационного сезона проводятся спектрометрические измерения. По окончании уборки классическим подходом устанавливается урожайность каждого из них. Для спектрометрических измерений используется малогабаритный спектрометр USB-650 компании «Ocean Optics» совместно с программным обеспечением OceanView. Стандартизация и точность спектрометрических измерений обеспечены использованием справочной панели Spectralon®. База данных спектрометрических измерений за 2014-2016 гг. структурирована по единице «участок» [3].

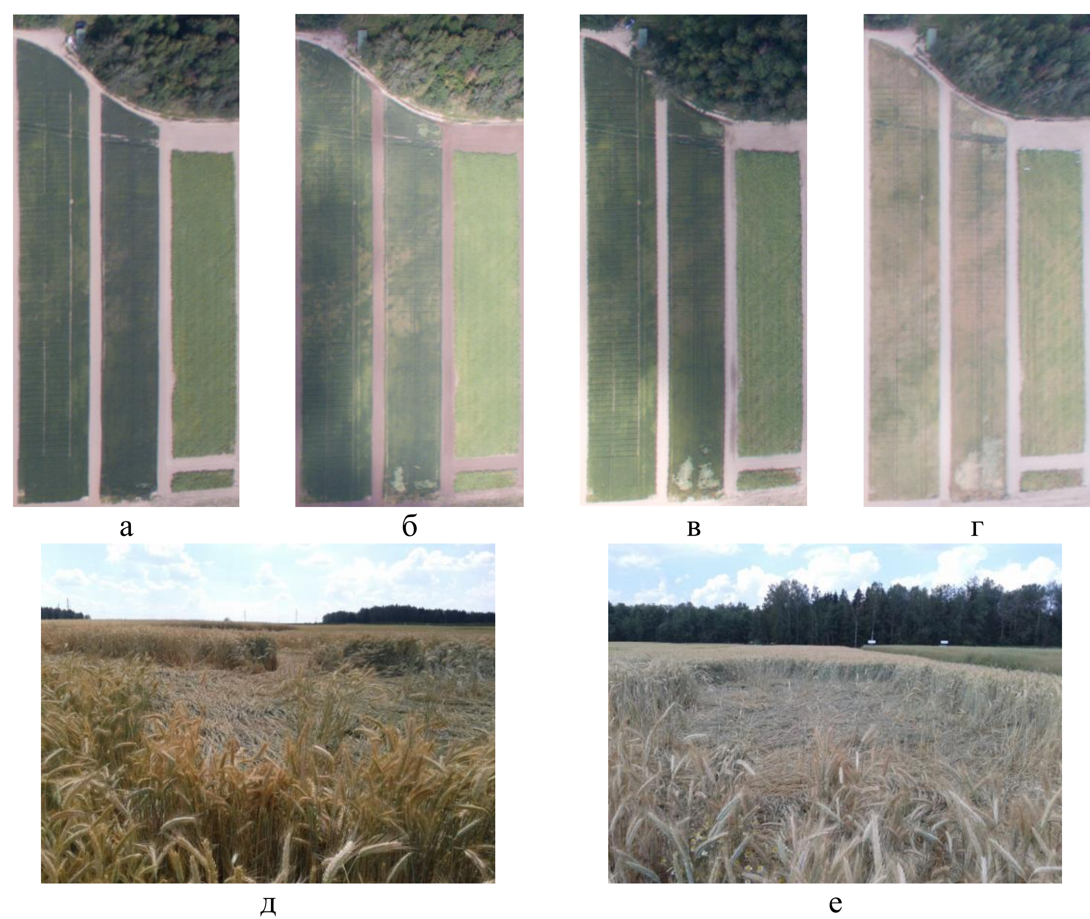

а б в г
д е

Рис. 1. Повреждение сельскохозяйственных культур вследствие дождя и сильного ветра: а - г – данные авиасъемки за 10.06.2016, 16.06.2016, 23.06.2016, 30.06.2016 соответственно; д - е – фотографии за 02.07.2016

Разработанные уравнения прогноза урожайности сельскохозяйственных культур ориентированы на параметры спектральных каналов спутника Sentinel-2A: зеленый (542 - 577 нм), красный (650 - 680 нм), красной кромки (697 - 712 нм). В уравнениях прогноза урожайности использовались следующие вегетационные индексы: нормализованный разностный красного края/красный индекс NDRERI (Normalized difference rededge/red vegetation index, NDRERI), нормализованный разностный красного края/зеленый индекс NDREGI (Normalized difference rededge/green index, NDREGI), относительный красного края/зеленый индекс SRREG (Simple ratio rededge/green index, SRREG), относительный красного края/красный индекс SRRER (Simple ratio rededge/red index, SRRER).

Уравнения прогноза урожайности имеют вид [4]:

$$GY = a \cdot INSEY^{b}, \quad (1)$$

где GY – потенциальная урожайность;

$INSEY$ – образуемая за день биомасса ($INSEY = ВИ / DAE$);

DAE – количество дней после прорастания;

a, b – коэффициенты аппроксимации.

Точность разработанных уравнений прогноза урожайности составила не хуже 85 %.

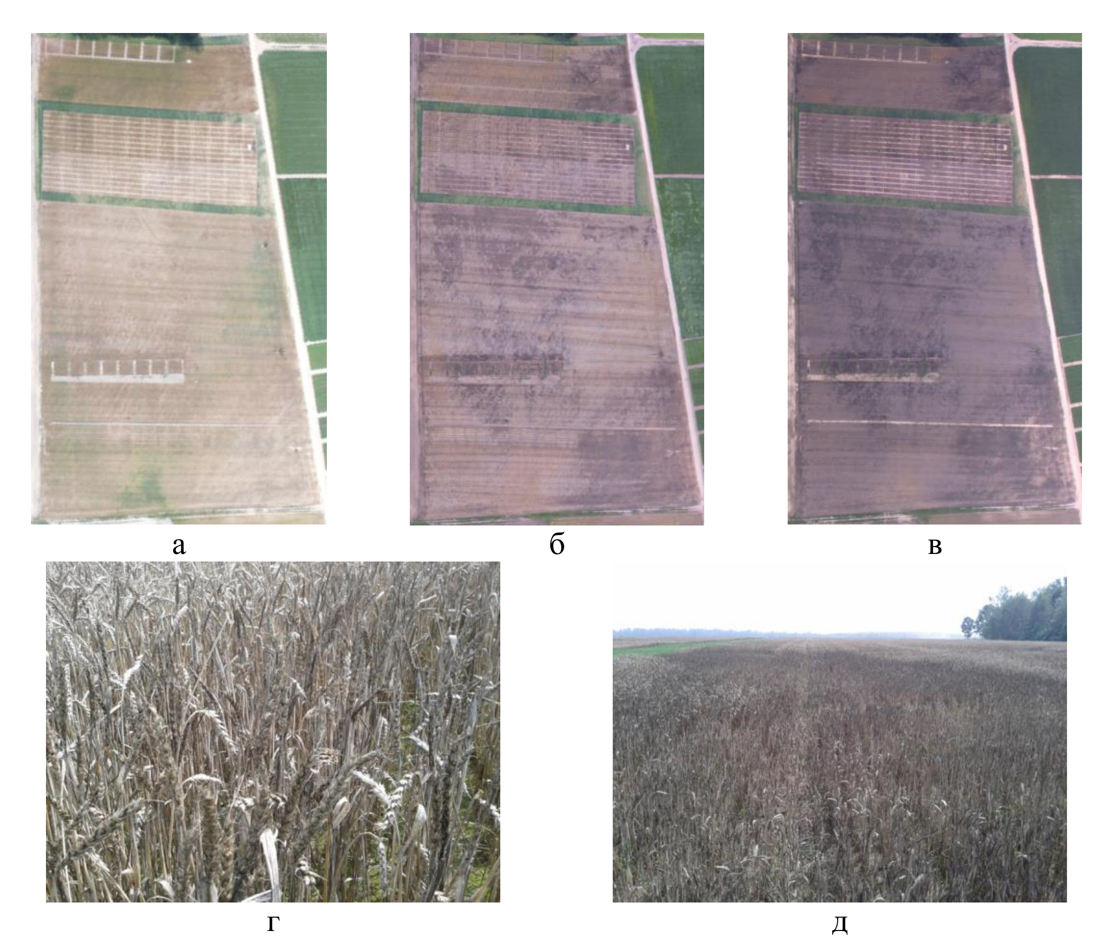


Рис. 2. Поражение пшеницы чернью колоса: а - в – данные авиасъемки за 11.07.2016, 19.07.2016 и 26.07.2016 соответственно; г - д – фотографии за 26.07.2016

Подсистема картографирования сельскохозяйственных культур предназначена для определения пространственного расположения посевов различных видов культур. Результаты работы подсистемы могут быть использованы для повышения точности прогнозов урожая, а также в качестве объективной информации при распределении сельскохозяйственных субсидий. Для испытаний подсистемы используются, в основном, спутниковые данные. Разработка подсистемы важна с точки зрения возможности расширения масштаба дистанционного мониторинга состояния сельскохозяйственных культур с отдельного хозяйства до района и более.

Картографирование сельскохозяйственных культур основано на различии динамики спектральных параметров (и соответственно значений ВИ) разных сельскохозяйственных культур в течение вегетационного сезона [5]. Точность картографирования сельскохозяйственных культур по данным Landsat-8 (пространственное разрешение 30 м) составила не хуже 0,85.

Выводы

Разрабатываемая система дистанционного мониторинга состояния сельскохозяйственных культур позволяет получить исходную информацию для оптимизации использования имеющихся ресурсов, позволяя, таким образом,

повысить эффективность растениеводства. Несмотря на положительные результаты, для внедрения в практику необходимы дальнейшие исследования, а также значительное улучшение качества и оперативности данных ДЗЗ.

С учетом все возрастающей роли сельского хозяйства в экономике Республики Беларусь данное направление использования данных ДЗЗ со всем основанием претендует на роль приоритетного. Работы ведутся совместно со специалистами Республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию» (г. Жодино).

Литература

1. Tan Z. et al. Monitoring freeze injury and evaluation losing to sugar-cane using RS and GPS // Computer and computing technologies in agriculture II. Vol. 1. Vol. 293. 2009. P. 307–316.
2. Franke G.J. Spatiotemporal dynamics of stress factors in wheat analysed by multisensoral remote sensing and geostatistics. Bonn. 2007. – 150 p.
3. Hüni A. et al. 2nd Generation of RSL'S spectrum database "SPECCHIO". 10th Intl. symposium on physical measurements and spectral signatures in remote sensing (ISMPSRS), Davos, Switzerland. March 12–14 2007. – 6 p.
4. Gupta R. Crop canopy sensors for efficient nitrogen management in the Indo-Gangetic plains. Progress report. USDA funded project. The Rice-Wheat Consortium, New Delhi International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT), Mexico, 2006. – 28 p.
5. Jönsson P. Seasonality extraction by function fitting to time-series of satellite sensor data / Jönsson P., Eklundh L. / IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. Vol. 40. № 8. 2002. P. 1824–1832.

RESUME

S.L. Krautsou, D.V. Golubtsov, K.V. Lepiasevich, S.A. Lapanik

Remote monitoring system of the crops condition on the scale of separate farm

The developed of remote monitoring system of a crops condition allows to obtain initial information for optimization of use of the available resources, allowing to increase efficiency of crop production. Despite positive results, further researches, and also considerable improvement of quality and efficiency of data of DZZ are necessary for introduction in practice.

Taking into account an increasing role of agricultural industry in economy of Republic of Belarus this direction of use of RSE data with all basis applies for a role of priority. Works are conducted jointly with specialists of the Republican unitary enterprise «Research and practical center of National academy of sciences of the Republic of Belarus for arable farming» (Zhodino).

Надійшла до редакції 15.10.2016

